

DURUM KONTROLLU HÜCRESEL SİNİR AĞLARININ (DK-HSA) BENZETİMLERİ İÇİN SÜREKLİ ZAMAN MODELLERİ

Baran TANDER

Endüstriyel Elektronik Programı
Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu
Kadir Has Üniversitesi, 34320, Cibali, İstanbul

e-posta: tander@khas.edu.tr

Anahtar sözcükler: Durum Kontrollu Hücresel Sinir Ağları, Benzetim, Pspice, Simulink, Kaotik Maskeleye.

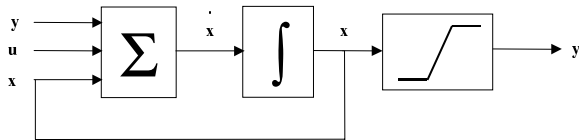
ÖZET

Bu bildiride, Hücresel Sinir Ağlarının geliştirilmiş hali olan “Durum Kontrollu Hücresel Sinir Ağları (DK-HSA)”nın (State-Controlled Cellular Neural Networks) Pspice ve Simulink benzetim programları için sürekli zaman modelleri tasarlanmış ve kaotik maskeleye dayalı bir güvenli haberleşme uygulamasıyla sözkonusu modellerin başarımları test edilmiştir. Ayrıca, DK-HSA modellerinin özel eleman değerleri altında konvansiyonel hücresel sinir ağları için de kullanılabilmesi gösterilmiştir.

1. GİRİŞ

Hücresel sinir ağları (HSA); Chua ve Yang tarafından tanımlanmış [1], görüntü işlemeden, kaotik haberleşmeye kadar birçok alanda uygulamaları bulunan dinamik sinir ağı yapılarıdır. HSA'nın kararlı durumlarında çıkış, sadece ± 1 değerlerinden birini alabilmektedir. Yani kararlı bir HSA, 2-boyutlu sabit girişlerin seçildiği $[-1,1]^{M \times N}$ giriş uzayından, kalıcı durum çıkışlarının değer aldığı $\{-1,1\}^{M \times N}$ uzayına bir nonlinear dönüşüm olarak tanımlanabilir [2].

Her dinamik sinir ağı hücresinde olduğu gibi HSA'nda da girişte bir toplama birimi, bir dinamik birim ve bir aktivasyon fonksiyonu (parça – parça lineer fn.) birimi mevcuttur. Sözkonusu hücrenin blok şeması şekil – 1’ de gösterilmiştir.



Şekil – 1: Bir HSA hücresinin blok şeması.

Yukarıdaki şekilden de görülebileceği gibi bir HSA hücresinde giriş u ile; çıkış, y ile gösterilmekte ve aktivasyon fonksiyonuyla elde edilmektedir. Eğer integrasyon işleminin sonucundaki x durumunu da bir çıkış kabul edersek, bu yapı, “Durum Kontrollu Hücresel Sinir Ağı (DK-HSA)” adını alır ve HSA hücresinin geliştirilmiş bir hali olarak düşünülür.

Böylece, DK-HSA’nda x ve y gibi iki çıkış bulunacağından hücreler birbirlerine sözkonusu iki çıkışı kullanarak bağlanacaklardır. Bu da daha geniş nonlinear diferansiyel denklem kümelerinin modellenebilmesini sağlar. Tabiidir ki, sistemdeki x durum çıkışı artık $\{-1,1\}$ dışında da değer alabilecektir.

DK-HSA’ların kaotik işaret üretiminde [3] ve güvenli haberleşmede [4] kullanılmaları mümkün olmaktadır.

2. DK-HSA DENKLEMLERİ

Şekil – 1’ de gösterilen HSA hücrelerinden oluşan yapıda, tüm sistemi tanımlayan matris formundaki nonlinear diferansiyel denklem,

$$\dot{\mathbf{x}} = -\mathbf{x} + \mathbf{A} * \mathbf{y}(\mathbf{x}) + \mathbf{B} * \mathbf{u} + \mathbf{I} \quad (1)$$

şeklinindedir. Burada \mathbf{x} , hücrelerdeki durum değişkenidir; $\mathbf{y}(\mathbf{x})$, hücrelerin çıkışlarını; \mathbf{u} , hücrelere uygulanan giriş değerlerini (ki bu genelde $\mathbf{x}(0)$ başlangıç koşullarına eşit seçilir); \mathbf{I} , her hücre için eşit, sabit eşik değerini içeren vektörü göstermektedir. \mathbf{A} , hücrelerin çıkışları arasındaki ağırlık katsayılarını gösteren “klonlama şablonu”; \mathbf{B} de, bir hücrenin girişleriyle diğer hücreler arasındaki ağırlık katsayılarını veren “kontrol şablonu”dur. “*” ise iki-boyutlu konvolüsyon operatörünü göstermektedir. Eğer yukarıda sözedildiği gibi hücrelerin durumlarından da çıkış alınacak olursa, sözkonusu durumlar arasında da ağırlık katsayılarının bulunması gerekecektir. Bunları içeren şablona “Durumlararası şablon” denip, \mathbf{D} ile gösterilirse (1) ifadesi DK-HSA için elde edilmiş olur:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{D} * \mathbf{x} + \mathbf{A} * \mathbf{y}(\mathbf{x}) + \mathbf{B} * \mathbf{u} + \mathbf{I} \quad (2)$$

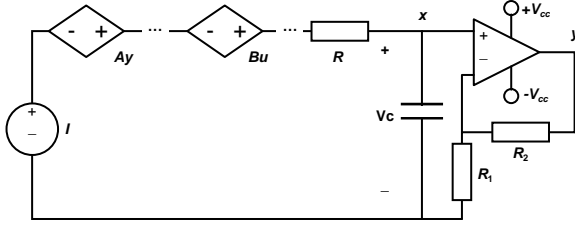
Kolayca görülebilir ki, (2) ifadesi, (1)’in geliştirilmiş halidir. Yani durumlararası şablon aşağıdaki formda seçilirse DK-HSA’ dan HSA’ya geçilmiş olur:

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

3. DK-HSA MODELLERİ

3.1. PSpice Modeli

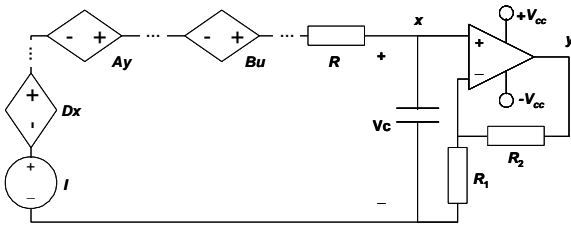
HSA'nın PSpice benzetimleri için, şekil - 2' de gösterilen en genel hücre modeli kullanılabilir [5]:



Şekil - 2: HSA için hücre modeli.

Burada, gerilim değerleri diğer hücrelerin giriş ve çıkış gerilimleri tarafından kontrol edilen, gerilim kontrollü - gerilim kaynakları seri bağlanarak, kontrol ve klonlama şablonları uyarınca ilgili hücrenin komşu hücrelerle ağırlıklı bağlantıları yapıлып, şekil - 1' deki toplama bloğu oluşturulmuştur. Ortadaki RC devresi, hücrenin dinamik birimdir. $v_c(t)$ kondansatör gerilimi yukarıda bahsedilen x durum değişkenine karşı düşer. Çıktıdaki işlemsel kuvvetlendiricili devre ise nonlinear aktivasyon fonksiyonunu gerçekleştirir.

DK-HSA'nın modellenmesinde, şekil - 2' deki devreye, (1) bağıntısından (2)' nin elde edilmesi için diğer hücrelerin durum gerilimleri tarafından kontrol edilen ve değerleri durumlararası şablonla belirlenmiş yeni gerilim kontrollü - gerilim kaynakları bağlamak gerekir. Bu, (3)' teki şablonun bazı elemanlarının 0' dan farklı olması demektir. Böylece genelleştirilmiş hücre modeli şekil - 3' teki gibi bulunur:

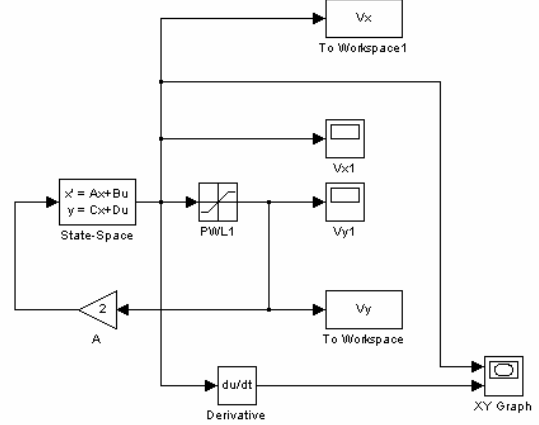


Şekil - 3: DK-HSA için hücre modeli:
Genelleştirilmiş HSA hücresi.

Şekil - 3' teki devrede diğer hücrelerin durum gerilimlerinin kontrol ettiği gerilim kontrollü - gerilim kaynaklarının (Dx) değerleri 0 kabul edilirse (yani kısadevre yapılırsa), tekrar konvansiyonel HSA hücresi elde edilmiş olur.

3.2. Simulink Modeli

Bir HSA hücresi için sürekli zamanlı Simulink modeli şekil - 4' te gösterilmiştir [5]:

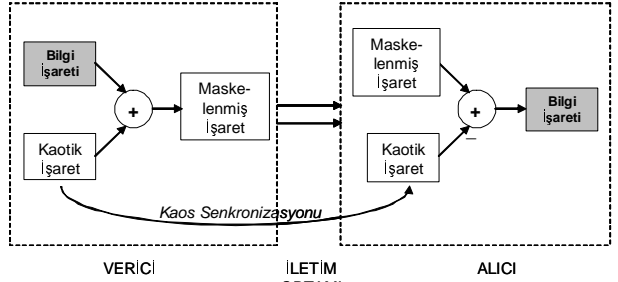


Şekil - 4: HSA hücresi için Simulink modeli.

Bu modelde, durum uzayı (State - space) bloğunda $A=-1$, $B=C=1$, $D=0$ seçilirse HSA' ları tanımlayan nonlinear diferansiyel denklemler elde edilir. Söz konusu bloğunun girişi, diğer hücrelerin girişlerinden, çıkışlarından ve diğer hücrelerin durum uzayı bloklarının çıkışlarından alınır, istenen DK-HSA hücre modeli bulunur.

4. BENZETİMLER

Önerilen hücre modellerinin benzetimi için DK-HSA tabanlı kaotik maskeleye kullanan bir güvenli haberleşme sistemi ele alınmıştır. Böyle bir sistemin en kaba yapısı aşağıda gösterilmiştir:



Şekil - 5: Kaotik maskeleye güvenli haberleşme sistemi.

"Kaotik Maskeleye" 'de iletilmek istenen işaret, vericide bir kaotik işaretle toplanıp gönderilir. Alıcıda ise, söz konusu kaotik işaret tekrar üretilir ve gelen toplam işaretten çıkartılarak iletilmek istenen orijinal bilgi elde edilmiş olur [4]. Alıcı ve vericide aynı kaotik işaretin farklı başlangıç koşulları altında üretilebilmesi için "Kaos senkronizasyonu" adı verilen özel bir teknik kullanılır. Sistemdeki kaotik işaretler, DK-HSA tarafından üretilirler.

3-hücreli DK-HSA' yı tanımlayan en genel haldeki nonlinear diferansiyel denklem takımı aşağıda gösterilmiştir.

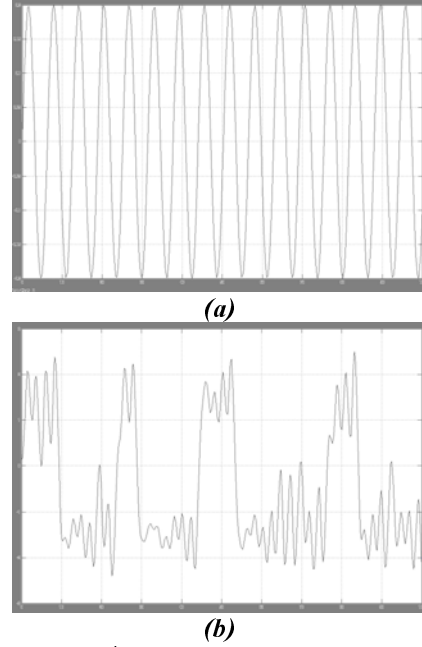
$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \mathbf{I} + \underbrace{\begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} \end{bmatrix}}_{\mathbf{D}} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}}_{\mathbf{A}} \underbrace{\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix}}_{\mathbf{y(X)}} + \underbrace{\begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix}}_{\mathbf{B}} \underbrace{\begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix}}_{\mathbf{u}} \quad (4)$$

Sistemde kaos üretici olarak, aşağıdaki nonlinear diferansiyel denklemlerle tanımlanan DK-HSA yapısı kullanılmıştır [6]:

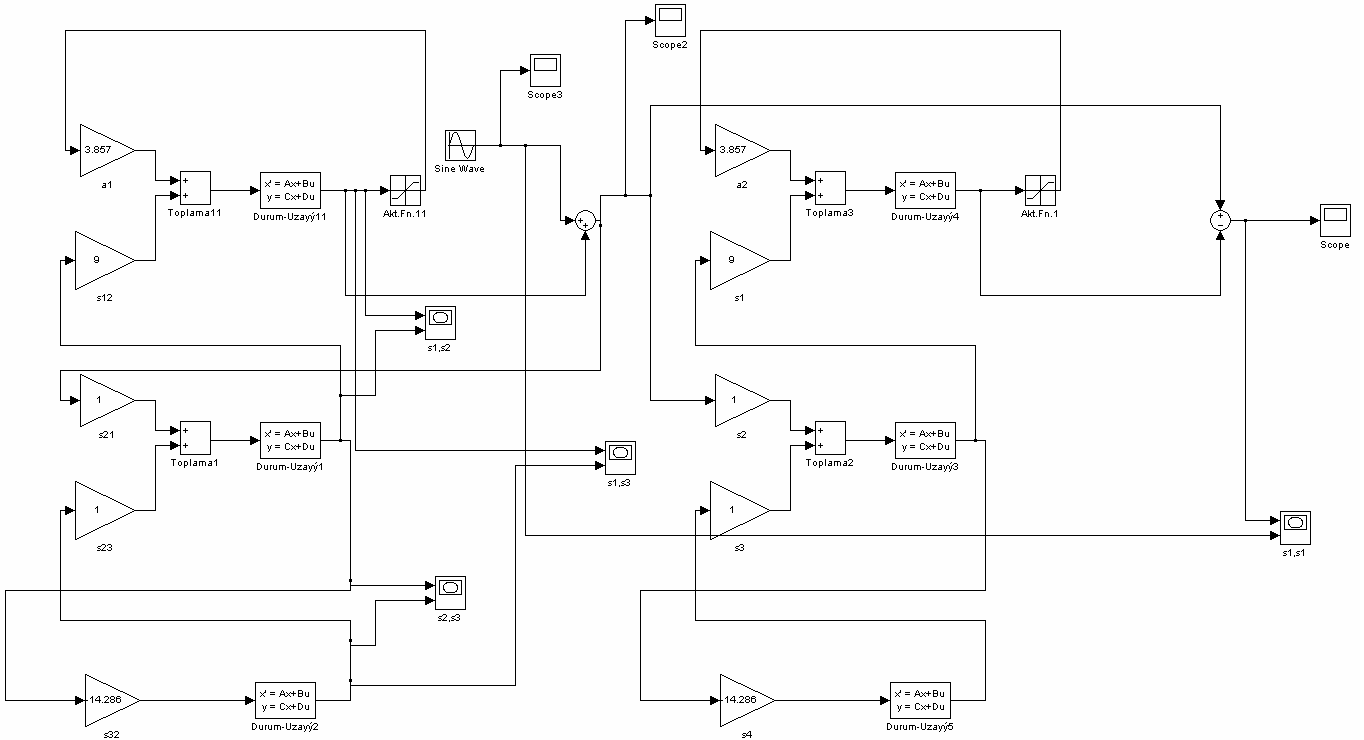
$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= -2.5714x_1 + 3.857y_1 + 9x_2 \\ \dot{x}_2 &= -x_2 + x_1 + x_3 \\ \dot{x}_3 &= -14.286x_2 \end{aligned} \quad (5)$$

Böyle bir sistemde her hücrenin x "Durum" çıkışları kaotik işaretler olacaktır. Gönderilecek işaret 1. hücrenin "Durum"u olan x_1 ile maskelenecektir. Tüm bu alıcı – verici sisteminin Simulink modeli şekil – 6' da verilmiştir.

Burada, sinüsoidal bir işaret yukarıda da belirtildiği gibi vericideki 1. DK-HSA hücresi tarafından üretilen x_1 "Durum" işaretiyle maskelenip gönderilmektedir. Orijinal ve kanalda iletilen maskelenmiş işaretler şekil – 7(a) ve (b)' de gösterilmiştir.

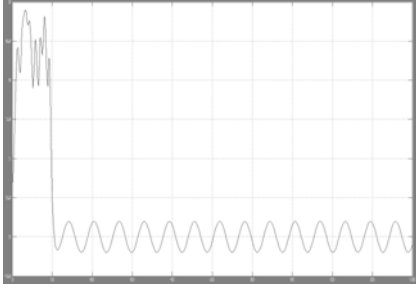


Şekil – 7:(a): İletilecek orijinal sinüsoidal işaret, (b): Kanaldaki maskelenmiş işaret.



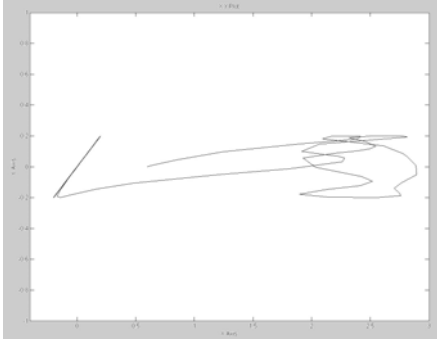
Şekil – 6: Verici – alıcı sisteminin Simulink modeli.

Alıcıda kaos senkronizasyonu sonucu maskelenmiş işaretten kaotik işaret arındırılarak orijinal sinüsoidal işaret tekrar elde edilmiştir.



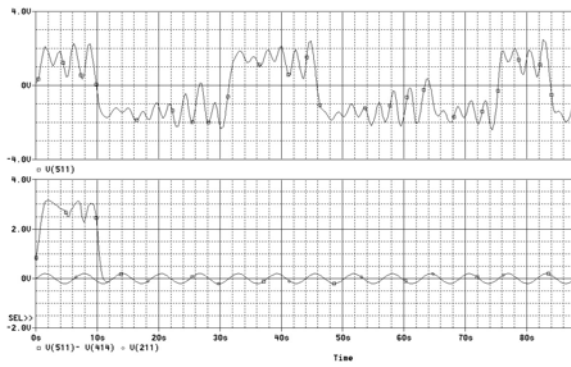
Şekil – 8: Alıcıda kaos senkronizasyonu sonucu elde edilen işaret.

Şekil – 6’ daki (s1,s1) grafiği, maskelenen giriş ve tekrar türetilen çıkış işaretinin senkronize olup olmadığını göstermektedir. Şekil – 9’ dan da görülebileceği gibi gönderilen ve alınan işaretler, alıcı ve vericideki kaotik DK-HSA’ ların başlangıç koşulları aynı olmamasına rağmen kısa sürede senkronize olmaktadır.

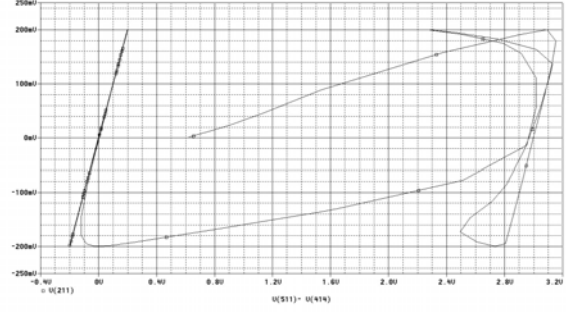


Şekil – 9: Gönderilen ve alınan işaretlerin senkronizasyonu.

Aynı sistemin, 3.1 kısmında tanıtılan devre modeliyle Pspice’ da benzetimi yapılacak olursa, aşağıdaki grafikler elde edilir:



Şekil – 10: Kanaldaki maskelenmiş işaretin (üstte) ve orijinal sinüs ile alıcıda elde edilen sinüsün (altta) Pspice benzetimleri.



Şekil – 11: Orijinal ve alınan işaretin senkronizasyonu.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, genelleştirilmiş DK-HSA modelleri ve Simulink ve Pspice benzetimleri üzerinde durulmuştur. Özel eleman değerleri için DK-HSA’ nın konvansiyonel HSA olarak modellenebilecekleri gösterilmiştir. Önerilen modellerin başarımlarını test etmek için sözkonusu yapıları kullanan, kaotik maskeleye dayalı bir güvenli haberleşme sisteminin benzetimi yapılmıştır.

6. KAYNAKÇA

- [1] CHUA L. O., YANG L., “Cellular Neural Networks: Theory”, IEEE Transactions on Circuits and Systems, Vol. 35, No. 10, October 1988,
- [2] GÜZELİŞ C. , “Hücrel Yapay Sinir Ağları ile Görüntü İşlenmesi”, Tübitak Proje No: EEEAG – 103, Ocak 1993, İstanbul,
- [3] TANDER B., “Simulation of ‘Double Scrolls’ by Using the Generalized SPICE Model for Cellular Neural Networks”, Elektrik – Elektronik – Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu (ELECO’99), Kasım 1999, Bursa,
- [4] GÜNAY E., ALÇI M., KILIÇ R., “Durum Kontrollü Hücrel Sinir Ağı (DK-HSA) Devresi Kullanarak Geribeslemeli Kaotik Maskeleye Sisteminin Tasarlanması”, Elektrik – Elektronik – Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu (ELECO’2002), Aralık 2002, Bursa,
- [5] TANDER B., ÜN M., “Generalized PSPICE and SIMULINK Models for the Continuous Time Simulations of Cellular Neural Networks”, 1st IEEE Balkan Conference on Signal Processing, Communications (BCSP’2000), Circuits and Systems, Haziran 2000, İstanbul,
- [6] ARENA P., BAGLIO S., FORTUNA L., MANGANARO G., “Chua’s Circuit Can be Generated by CNN Cells”, IEEE Transactions on Circuits and Systems – I, Vol. 42, No. 2, February 1995.